الرئيسية محطات

مراكز البيانات المدارية: الـ"كلاود" إلى السماء حرفياً

نافع سعد | الأحد 2025/11/16



مراكز البيانات الأرضية تستهلك طاقة بحجم دول وبحاجة لكميات هائلة من المياه للتبريد (Getty)

مشاركة عبر

حجم الخط

مع انطلاق مشاريع تجريبية عدّة أخيراً، صار مفهوم "مراكز البيانات المدارية" يعبّر عن مرحلة جديدة من البنية التحتية السحابية تتجاوز حدود الكوكب، بعد أن تحوّلت الفكرة في وقت قصير من خيال علمي إلى واقع تقني يتقدّم بخطىً سريعة، وأصبحت هدفاً لشركات ناشئة ومؤسسات فضاء تبحث عن حلول لأزمات الطاقة والتبريد التي تواجه مراكز البيانات على الأرض.

تقوم هذه الفكرة على استغلال بيئة الفضاء الفريدة لتشغيل الخوادم بطاقة شمسية متواصلة، مع نظام تبريد يعتمد على فراغ الفضاء القارس، بدلًا من الاعتماد على المياه. إنّه ميلاد جيل جديد من البنى التحتية الرقمية: السحابة المدارية.

طاقة لا تنضب... وتبريد بالفراغ

تعيش مراكز البيانات الأرضية على حافة أزمة حقيقية. فهي تستهلك طاقة بحجم دول صغيرة، وتعتمد على كميات هائلة من المياه لتبريد خوادمها. وتُعدّ إحدى أقوى الحجج الداعمة لإنشاء مراكز البيانات المدارية الوعد بالتحوّل إلى بنية خضراء مستدامة، على الرغم من أنّ قناعتي الأوّلية تميل إلى أنّ الدافع الأساسي وراء هذا التوجّه اقتصادي أكثر مما هو بيئي.

تقول شركة Starcloud، الرائدة في هذا المجال، إن تكلفة الطاقة في المدار ستكون أقلّ بعشر مرّات مقارنة بالأرض، مع بصمة كربونية أدنى بالقدر نفسه خلال دورة حياة المشروع. وفي حين تستهلك المراكز التقليدية ملايين الليترات من المياه سنوياً لتبريد خوادمها، لا تحتاج نظيراتها المدارية إلى قطرة واحدة.

تبريد طبيعية تبتلع الحرارة المنبعثة من الخوادم عبر الإشعاع.

وتتلاقى هذه الرؤية مع مبادرة Space Compass اليابانية التي تهدف إلى بناء شبكة من مراكز البيانات الشمسية في المدار لتخفيف الانبعاثات. وهكذا يبدو المشهد، للوهلة الأولى، أشبه بحلم للتكنولوجيا الخضراء: حوسبة بلا انبعاثات، وتبريد بلا ماء، وطاقة شبه غير محدودة.

الدافع الاقتصادي وأمن البيانات

لكن خلف هذا الحلم البيئي تتحدّث الأرقام عن نفسها. فإطلاق الخوادم إلى الفضاء لم يعد باهظاً كما كان في السابق، ومع دخول صواريخ SpaceX Starship القابلة لإعادة الاستخدام، انخفضت تكلفة النقل الفضائي بصورة قد تعيد رسم معادلة الجدوى بالكامل.

جمعت Starcloud أكثر من 21 مليون دولار من مستثمرين مغامرين، في حين حصل مشروع SpaceBelt على تمويلٍ يفوق مئة مليون دولار، لتطوير شبكة تخزين سحابية تدور حول الأرض، وتوفّر ما تسميه الشركة "الفجوة الهوائيّة المطلقة" لأمن البيانات. فتُخزّن الملفات الحسّاسة، من تحويلات البنوك إلى أسرار الحكومات، في أقمار لا يمكن الوصول إليها من الإنترنت على الأرض.

تتجه شركات الاتصالات والتقنية الكبرى إلى شراكات هجينة؛ إذ تعمل Axiom Space مع Red Hat و HPE على تطوير وحدات حوسبية على محطتها التجارية القادمة، في حين تربط Microsoft بين محطة الفضاء الدولية وسحابة Azure لتجريب نموذج "السحابة المدارية".

إنها بداية اقتصاد رقمي جديد في الفضاء، حيث تتحول المدارات إلى نوع من "العقارات" تُبنى عليها بنىً تحتية رقمية وتُدار كمنصات تجارية بعوائد ضخمة.

لذلك تطوّر شركات مثل OrbitsEdge و HPEوحدات حوسبيّة مُحصّنة مثل Spaceborne Computerg SatFrame تعتمد على التكرار الذكي وأنظمة التصحيح الذاتي للأخطاء، وتستخدم دروعاً معدنية ودوائر إلكترونية مقاومة للإشعاع، إلى جانب خوارزميات ترصد الانحرافات وتصلحها في الوقت الفعلي.

تمثّل إدارة الحرارة تحدّياً رئيساً هي أيضاً؛ إذ تُستخدم ألواح إشعاعية ضخمة لتبديد الحرارة نحو الفراغ، في حين تخطّط Starcloud لمحطّات تغطّي أربعة كيلومترات مربّعة من الألواح الشمسيّة، تعمل في الوقت نفسه على جمع الطاقة والتبريد، بحيث تشكّل من جهة ألواحاً شمسية ومن الجهة المقابلة مشعاعاً للتبريد.

وتعتمد الاتصالات على وصلات ليزرية بين الأقمار لتبادل البيانات بسرعة الضوء، ثم تُرسل هذه البيانات إلى الأرض عبر محطّات أرضية متخصّصة. ويمنح المدار المنخفض (LEO) زمناً استجابياً متدنّياً يجعل هذه المراكز مناسبة للحوسبة الطرفية، في حين يوفّر المدار الثابت (GEO) استقراراً جغرافياً يغطي مساحة واسعة مقابل تأخير أطول في انتقال البيانات. وتتجه الشركات إلى تصميمات معياريّة قابلة للتوسّع، من بينها القمر Starcloud-1 الذي يزن ٦٠ كيلوغراماً ويحتوي على معالج NVIDIA H100 بوصفه خطوة رمزية نحو حوسبة الذكاء الاصطناعي في المدار.

حافة الفضاء الذكية

ربّما يكون الذكاء الاصطناعي هو الدافع الأكبر وراء ظهور مراكز البيانات المدارية. فتدريب النماذج الضخمة يحتاج إلى طاقة هائلة وتبريد مستمر، وهو ما يمكن تأمينه في بيئة شمسية باردة ومستقرّة، إذا جرى تصميمها هندسياً على نحوٍ مثالي.

الاستخدامات العملية، فمراكز البيانات المدارية تمكّن الأقمار من معالجة كميات هائلة من البيانات البصرية والرادارية التي تحتاج إلى تحليلٍ فوري. وتصف شركة OrbitsEdge مشاريعها بأنّها "تحوّل الفضاء إلى حافة ذكية"، حيث تُنفّذ خوارزميات الرؤية والذكاء الاصطناعي مباشرةً على متن القمر الصناعي، في ما يشبه الذكاء الاصطناعي الطرفي على الأرض؛ إذ تتم الحوسبة إلى جانب مصدر البيانات نفسه.

تجارب أخرى مثل Φ-Sat-1 التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية أثبتت أنّ خوارزمياتٍ بسيطةً في المدار يمكن أن توفّر ٣٠٪ من عرض النطاق المستهلَك، لأنّ القمر لم يعد مضطراً لإرسال بيانات لا فائدة منها. واليوم، تتطوّر هذه الخوارزميات لتشغيل عمليات تحليلٍ متقدّمة بالذكاء الاصطناعي، من مراقبة الغلاف الجوي إلى التنبّه ذاتياً للأعطال التقنية.

المستقبل يبدأ في المدار

ينظر المستثمرون إلى مراكز البيانات المدارية، باعتبارها بداية فصل جديد في تطوّر البنية الرقمية البشرية. ويتوقّع بعضهم أنّ نسبة واسعة من المراكز الجديدة خلال العقد المقبل ستكون مدارية مع استمرار انخفاض تكاليف إطلاق الأقمار. فمصدر الطاقة الشمسية مجاني ومستمر. وعلى المدى الطويل، قد تتحوّل المحطات المدارية العملاقة إلى المراكز الرئيسة لتدريب النماذج الذكية وتخزين البيانات العالمية، في حين تبقى المراكز الأرضية الأصغر مخصّصة للحوسبة التشغيلية.

على المستوى الاستراتيجي، تتعامل بعض الدول مع الحوسبة المدارية كأصل سيادي يشبه منظومات الملاحة والاتصالات. فامتلاك شبكة حاسوبية في الفضاء يضمن استمرارية الإنترنت والخدمات الحيوية، في حال وقوع كوارث أو

لكن هذه الرؤية الطموحة تواجه تحدّيات حقيقية، أبرزها ازدحام المدار بمخلّفات الأقمار واحتمال نشوء ظاهرة كيسلر التي قد تدمّر البنية المدارية نفسها، إضافة إلى مخاطر العواصف الشمسية التي قد تعطل الإلكترونيات الحسّاسة. وسيكون على المهندسين تطوير تقنيات تجنّب نشط وحماية إشعاعية متقدّمة لضمان استمرارية هذه الأنظمة. كما أنّ الفائدة البيئية لم تُحسم بعد. فإطلاق الصواريخ ما يزال مكلفاً بيئياً من حيث الانبعاثات، وهو ما يعني أنّ المكاسب المستدامة تعتمد على التقدّم في إعادة استخدام الصواريخ، والتخلّص الآمن من الأقمار بعد انتهاء عمرها التشغيلي.

قد لا يكون مستقبل الحوسبة موجوداً في طوابق مبان إسمنتية أو أقبية تبريد مائية؛ بل فوق رؤوسنا. فمع كل التحدّيات، يشير الزخم التقني والاستثماري إلى أنّ العقد القادم قد يشهد ولادة أوّل بنية حقيقية للحوسبة فوق السحاب.

الأكثر قراءة



استجواب طلاب في الآداب 3: اللجنة منهمكة بتسريب المعلومات!



مفاضلة الجامعات في سوريا: تصحيح لمسار التعليم أم خيبة أمل؟





بالفيديو: قلعة حارم التحفة الناجية من هولاكو تطلق نداء إنقاذ

تابعنا عبر مواقع التواصل الإجتماعي

إشترك في النشرة الإخبارية ليصلك كل جديد

اشترك معنا في نشرة المدن الدورية لتبقى على اتصال دائم بالحدث

جريدة إلكترونية مستقلة .. وفي رواية أخرى

معلومات

النشرة البريدية

خطوة بسيطة وتكون من المطلعين على الخبر في لحظة ظهوره

أدخل بريدك الإلكتروني

اشترك